

# 映進対称フォトニック結晶導波路における利得/損失誘起トポロジカル絶縁相

Topological insulating state in glide-symmetric photonic crystal waveguide solely by gain and loss

東工大理<sup>1</sup>, NTT 物性研<sup>2</sup>, NTT NPC<sup>3</sup>

○上村 高広<sup>1,2</sup>, 森竹 勇斗<sup>1</sup>, 高田 健太<sup>2,3</sup>, 納富 雅也<sup>1,2,3</sup>

1. Tokyo Institute of Technology, 2. NTT BRL, 3. NTT NPC

○Takahiro Uemura<sup>1,2</sup>, Yuto Moritake<sup>1</sup>, Kenta Takata<sup>2,3</sup>, Masaya Notomi<sup>1,2,3</sup>

E-mail: uemura.t.ac@m.titech.ac.jp

非エルミート光学系[1]の興味深い性質の1つとして、トポロジカルな特性の発現が挙げられる。先行研究にて、ギャップレスな1次元結合共振器を利用した、時間空間反転対称 (PT対称) な摂動のみを用いて光トポロジカル状態を誘起する手法が報告されている[2]。PT対称な摂動のみを用いて光トポロジカル状態を誘起するというコンセプトは様々な光学系への適用が期待されるが、PT対称光学系を実装するうえで有力なプラットフォームであるフォトニック結晶へ適用する検討はこれまでにない。今回我々は、映進対称性を持つフォトニック結晶導波路に対して倍周期の非エルミート摂動を加えることにより、利得と損失のみを利用してトポロジカルバンドギャップを生成する手法を確立したため、報告する。

今回の解析で取扱うフォトニック結晶導波路構造をFig.1(a)に示す。格子定数を $a=470\text{ nm}$ 、三角穴の一边を $s=0.8a$ 、空気の誘電率を $\epsilon_{\text{air}}=1$ とした。また、誘電率は $\epsilon_{\text{slab}}=6.76$ と設定し、有限要素法による二次元構造の数値解析を実施した。無摂動の場合、エッジ状態のバンド構造は空間構造が持つ映進対称性によってBrillouin zone中心にDirac点が形成され、ギャップレスである (Fig.1(b))。ここで、ユニットセルを拡張し、4つのエッジ状態から構成される4バンド系を考える。Fig.1(c)に示すように倍周期の利得(赤)および損失(青)の摂動を加えることで、Dirac点の縮退が解け、バンドギャップが出現する (Fig.1(d)) さらに、異なる倍周期摂動を持つヘテロ構造を解析した結果、界面に局在するキャビティ状態が出現することを明らかにした (Fig.1(e))。Fig.1(f)に示す通り、2種類の界面に出現するキャビティ状態 (橙、赤) は周波数実部が一致かつ周波数虚部が対称であり、先行研究[2]において報告されている0次元エッジ状態と同一の特性を持つ。以上の結果は、提案する構造のバンドがトポロジカル相を持つことを強く示唆している。フォトニック結晶構造を採用することにより、結合共振器の場合に必要な構造のファインチューニングが回避できるほか、反射測定によるトポロジカルバンドの直接観測が期待できる。

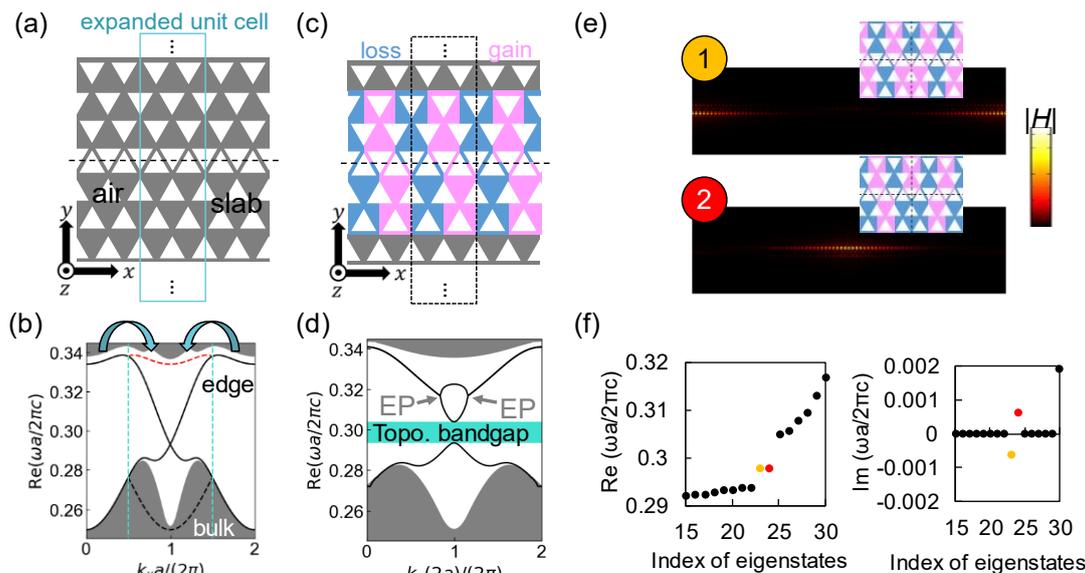


Fig.1 (a) Schematic of the glide-symmetric photonic crystal hetero-structure. (b) The band dispersion curves of the TE edge modes in the  $k_x$  direction. (c) Double-cycle gain (red) and loss (blue) perturbations. (d) The band dispersion in the structure (c). (e) Topological nanocavity mode at the domain. (f) Real and imaginary part of eigenvalues for a domain system.

【参考文献】 [1] L. Feng et al. Nat. Photonics. **11**, 752 (2017) [2] K. Takata et al. Phys. Rev. Lett. **121**, 213902 (2018)

【謝辞】 本研究は、科学研究費補助金 (20H05641, JP24H02232 および 24K01377)の援助の下に行われた。